

学校编码: 10384

分类号_____密级_____

学 号: 200427029

UDC _____

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

中国近海部分石斑鱼类分子系统学的研究

Molecular phylogenetic relationships of part China Seas groupers

王颖汇

指导教师姓名: 丁 少 雄

专 业 名 称: 海 洋 生 物

论文提交日期: 2007 年 6 月

论文答辩时间: 2007 年 6 月

学位授予日期: 2007 年 月

答辩委员会主席: _____

评 阅 人: _____

2007 年 月

厦门大学学位论文原创性声明

兹呈交的学位论文，是本人在导师指导下独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考的其他个人或集体的研究成果，均在文中以明确方式标明。本人依法享有和承担由此论文产生的权利和责任。

声明人（签名）：

年 月 日

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人完全了解厦门大学有关保留、使用学位论文的规定。厦门大学有权保留并向国家主管部门或其指定机构送交论文的纸质版和电子版,有权将学位论文用于非赢利目的的少量复制并允许论文进入学校图书馆被查阅,有权将学位论文的内容编入有关数据库进行检索,有权将学位论文的标题和摘要汇编出版。保密的学位论文在解密后适用本规定。

本学位论文属于

1. 保密 (), 在年解密后适用本授权书。

2. 不保密 ()

(请在以上相应括号内打“√”)

作者签名: 日期: 年 月 日

导师签名: 日期: 年 月 日

摘要

石斑鱼类(groupers)是热带亚热带最重要的海洋经济鱼类之一, 其种类繁多, 分布广泛, 但由于其种间缺乏显著的形体特征, 条纹体色等其他重要特征又易受周围环境的变化所影响, 因此, 石斑鱼的分类一直是鱼类系统分类学中的一个难题。近年来迅速发展的分子系统学研究为石斑鱼类的系统发育研究提供了一条客观有效的途径。本文通过对线粒体 16S rDNA、Cyt b 基因部分序列以及核基因 Tmo-4c4 部分序列的分析, 对我国近海石斑鱼亚科 (Epinephelinae) 6 属 34 个种类进行了较全面的分子系统关系研究, 主要结果如下: ①运用生物信息学分析方法对所得序列的碱基组成和序列变异进行分析: 其中 16s rDNA 序列约为 600 个碱基, 有明显的插入和缺失; Cyt b 序列为 412 个碱基, Tmo-4c4 序列为 542 个碱基, 作为编码基因无插入缺失。②以日本竹夹鱼 (*Trachurus japonicus*) 和花鲈 (*Lateolabrax japonicus*) 的线粒体同源序列及花鲈和鳊 (*Cyprinus carpio*) 的核基因同源序列作为外群, 采用不同的进化树构建模式, 分别构建了 MP、ML 和 Bayes3 种分子系统树, 其拓扑结构基本一致, 表明了在中国近海石斑鱼类中, 鳃棘鲈属最先分化; 其次是侧牙鲈属和九棘鲈属; 石斑鱼属处于系统进化树的顶端, 代表着最新演化的种类, 是石斑鱼亚科中最繁盛的一属, 也是目前系统发育的高峰。宽额鲈 (*Epinephelus lanceolatus*) 处于石斑鱼属内的一个分支中, 可归入石斑鱼属。③结合生物地理学原理与所构建的进化树, 发现全球石斑鱼类各分支的种类组成与所属地理区系无关, 在同分支里可以既有东半球的种类又有西半球的种类, 即同区域的石斑鱼种类并非单系起源; 结果还表明石斑鱼类的分布格局主要是种类扩散的结果, 而非隔离分化。

关键字: 石斑鱼亚科; 分子系统学; 进化关系。

Abstract

The subfamily Epinephelinae (Teleostei: Serranidae), commonly known as groupers, comprises about 159 species belonging to 15 genera. They are bottom-associated fish found in tropical and subtropical waters, most species occur on coral or rocky reefs. Groupers are one of the most important marine fish with considerable economic value in the world. Color pattern, body shape, number of fin elements and even geographic locality are often used for grouper species identification. However, their wide distribution, color variation and lack of morphological specializations have led to taxonomic confusion within the subfamily and may presumably be a cause for the designations of falsely identified new species. With the exception of the various color schemes, the gross morphological similarity is commonly seen in the subfamily Epinephelinae. The homogenous nature of the morphology has caused problems in reconstructing evolutionary relationships among the grouper species. There is thus a critical need for grouper genetic data pursuant to the eventual determination of phylogenetic relationships. With the rapid advance of molecular techniques in recent years, molecular genealogy has been widely applied to the studies of taxonomy and phylogenetic evolution in fish. In the present study, the mitochondrial encoded 16S rDNA gene was partially sequenced for 34 species from six genera of Epinephelinae Serranids to investigate the phylogenetic relationships among Epinephelinae species in the China seas. In order to assess relationship among Epinephelinae species on a global scale, other Epinephelinae species with different biogeographical distributions were also included in this study. The result is as follows: (1) The whole sequence contained 572 bp of partial 16S ribosomal RNA gene, and a few insertions or deletions, which mainly occurred in the regions of 246-270bp and 407-437bp, were evident. As to the mt DNA Cyt *b* gene and Nuclear Tmo-4c4 gene, 412bp and 542 bp were obtained respectively, both show no insertion or deletion. (2) Used *Trachurus japonicus* and *Lateolabrax japonicus* as the designated outgroups for mt DNA homologous sequences and *Lateolabrax japonicus* and *Cyprinus carpio* as the designated outgroups for nuclear DNA homologous sequences, Phylogenetic trees

were constructed based on the maximum-parsimony (MP) , maximum-likelihood (ML) and Bayes methods. All the phylogenetic trees with similar topology suggest that genus *Plectropomus*, which obviously shows monophyly, is the most primitive group among the subfamily Epinephelinae; then follows with genus *Variola* and genus *Cephalopolis*, while genus *Epinephelus* locates at the top of the phylogenetic tree, it is the most recently diverged species and the most flourishing genus in Epinephelinae nowadays. *Promicrops lanceolatus* should be included in genus *Epinephelus*. (3) the *Epinephelus* species from each parallel branches seem to be irrelevant to their biogeographic distributions, which means regional grouper assemblages are not monophyletic as they were supposed before; The result also reveals that the distribution of groupers nowadays are mainly result from species expanding, but not geographical segregation .

Key words: Epinephelinae; molecular phylogeny; evolution relationship.

目录

第一章：引言	7
1. 石斑鱼类	7
1.1 石斑鱼类的概况	7
1.2 石斑鱼类的传统分类	10
1.3 中国近海石斑鱼类概况	13
2. 分子系统学	15
2.1 分子系统学原理	15
2.2 分子系统学研究方法	18
3. 石斑鱼类分子系统学研究进展	27
第二章：材料与方法	29
1. 实验材料	29
1.1 主要试剂和材料	29
1.2 主要实验仪器	29
1.3 实验样品	30
2. 实验方法	32
2.1 基因组 DNA 的提取	32
2.2 序列的获得	32
第三章：结果和讨论	35
1. 实验结果	35
1.1 序列概况	36
1.2 序列比对整理	37
1.3 构建系统进化树	38
2. 讨论	44
2.1 序列的选择	44
2.2 外群的选择	45
2.3 系统树的分析——鳃棘鲈属、侧牙鲈属与九棘鲈属	49
2.4 是否独立为一属——宽额鲈属的归属	49
2.5 系统发育与形态特征（传统进化论）——驼背鲈属的特例	50
2.6 石斑鱼属	51
3. 系统学研究的回顾与展望	58
3.1 利用免疫反应来研究遗传差距	58
3.2 展望	59
参考文献	61

第一章：引言

1. 石斑鱼类

1. 1 石斑鱼类的概况

1. 1. 1 石斑鱼类的生活习性和特点

石斑鱼类(groupers)为暖水性中下层鱼类, 其种类繁多, 广泛分布于热带及亚热带大陆沿岸及岛礁海域。石斑鱼类幼体和部分种类的成体生活在近岸和河口水域, 大部分种类栖息在离岸水质较为洁净的岩礁底质海区, 少数种类出现在沙质或淤泥质海区。除产卵外, 石斑鱼类一般不集群, 在同一片暗礁可以生活数年不迁移。

石斑鱼类的卵是浮性的, 无黏着力, 在盐度(11~41)时都呈漂浮状态。数周的幼体期与浮游生物一样随水流漂浮; 发育成稚鱼后迁移至浅水有隐蔽地的水域(Heemstra PC, 1993)。石斑鱼类仔稚鱼、幼鱼发育的不同阶段形态有明显差异(如图 1)。石斑鱼类 2 到 6 年性成熟, 不同种类成鱼体形相差很大, 东太平洋副花鲈(*Paranthias colonus*)体长仅 12cm, 宽额鲈(*Promicrops lanceolatus* 又称鞍带石斑鱼 *Epinephelus lanceolatus*)可长达 4m 以上。

石斑鱼类捕食对象也随其个体发育而变化: 幼体期摄食桡足类等小型浮游动物, 之后可摄食较大的浮游甲壳类; 成鱼性情凶猛, 是珊瑚礁生态系统的主要掠食者, 以肉食为主, 通过突袭方式捕食底栖甲壳类、各种小型鱼类和头足类, 一般为夜行性, 白天则隐藏于岩穴内。石斑鱼类个别种类如波纹石斑鱼(*E. undulosus*), 有着发达的鳃耙, 也可以滤食浮游生物(Heemstra PC, 1993)。

石斑鱼的适应范围很广, 可生活在盐度 11~41 的范围内, 最适水温为 22~30℃。虽然石斑鱼对环境适应力较强, 但其生殖方式较为特殊, 个体发育中普遍存在“先雌后雄”的性逆转过程, 部分种类高龄化后转为雄性, 另一些则是群体中缺少雄鱼时才会发生性逆转。因雄性亲鱼的高龄化且较难捕捞, 缺少雄性亲鱼成为石斑鱼类人工繁殖的最大障碍之一(左朝胜, 2005)。

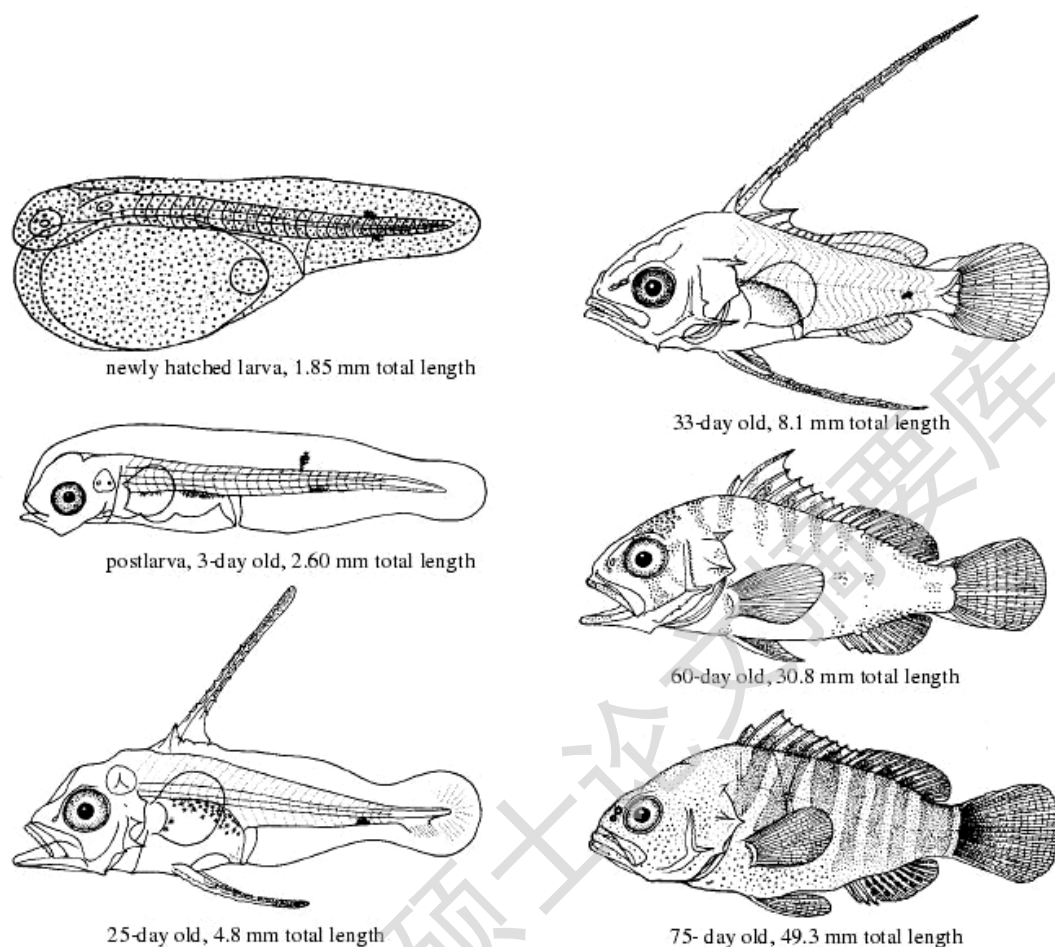


图 1 七带石斑鱼仔稚鱼不同发育时期外形图

Fig1 Larval Development stages of *E. septemfasciatus* (after Kitajima et al., 1991)

1. 1. 2 石斑鱼类的经济价值

石斑鱼类是热带亚热带最重要的海洋经济鱼类之一。2000 年中国的石斑鱼类捕获量达到 41513 吨，仅次于印尼（46281 吨），占世界石斑鱼类总捕获量（168943 吨）的 24.6%。此外还有大量非渔业捕捞未统计，如娱乐性的垂钓，有关资料表明在佛罗里达州娱乐性捕捞石斑鱼类占该州石斑鱼类总量 25% 到 35% (Francesca Ottolenghi, 2004)。

少数种类石斑鱼已常见于网箱养殖，点带石斑鱼 (*E. malabaricus*) 和斜带石斑鱼 (*E. coioides*) 等已实现人工繁育。不同地域的石斑鱼优势种呈现多样化。作为主要的捕获种类，东半球有点带石斑鱼 (图 2)、斜带石斑鱼、布氏石斑鱼 (*E. bleekeri*)、青石斑鱼 (*E. awoara*) 和赤点石斑鱼 (*E. akaara*)，此外常见种类还包括镶点石斑鱼 (*E. amblycephalus*)、褐点石斑鱼 (*E. fuscoguttatus*)、六带

石斑鱼(*E. sexfasciatus*)、三斑石斑鱼(*E. trimaculatus*)、玳瑁石斑鱼(*E. quoyanus*)、褐石斑鱼(*E. bruneus*)、宽额鲈、驼背鲈(*Cromileptes altivelis*)和豹纹鳃棘鲈(*Plectropomus leopardus*)等。在美国东南部和加勒比海,博氏鼻鲈(*Mycteroperca bonaci*)、小鳞鼻鲈(*M. microlepis*)、拿骚石斑鱼(*E. striatus*)和伊氏石斑鱼(*E. itajara*) (图3)也具有相当的养殖潜力^(Francesca Ottolenghi, 2004)。

作为珊瑚礁海域最主要的掠食者,石斑鱼类肌肉营养丰富、肉质细嫩,味道鲜美,一向是餐桌中的上等佳肴。同时石斑鱼类生长缓慢,发育期长,繁殖期晚,在很多地区尤其是发展中国家,面临严重的过度捕捞问题,造成一定的资源衰退。

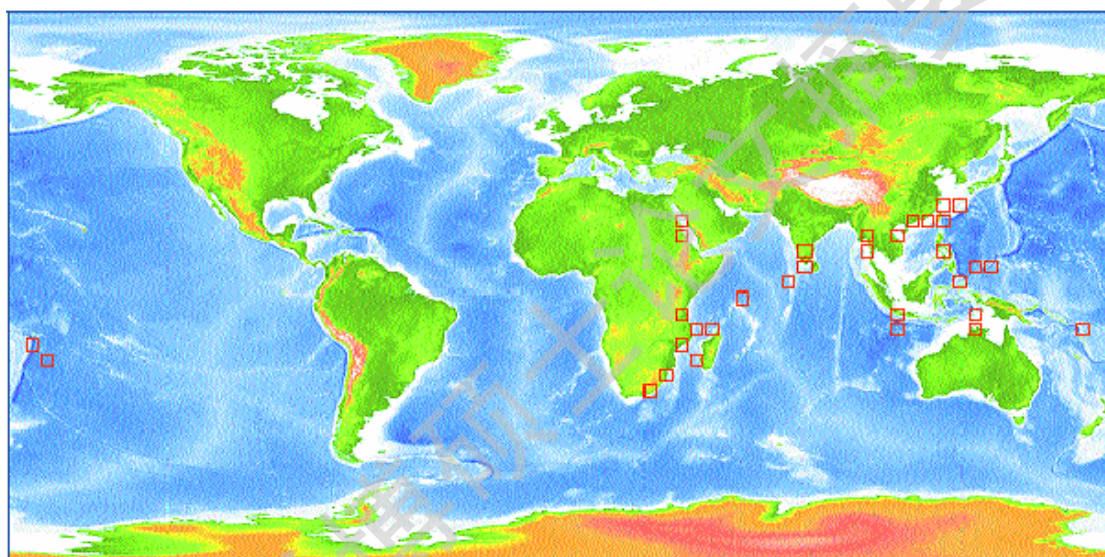


图2 点带石斑鱼的地理分布图 (红色方框区域)

Fig2 Geographic distribution (indicated by the red squares) of *E. malabaricus*

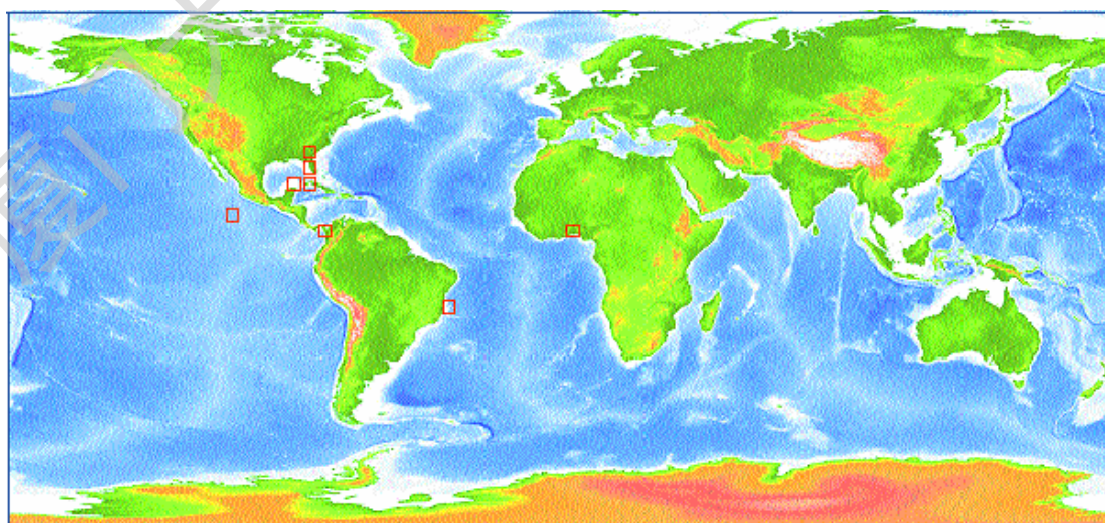


图3 伊氏石斑鱼的地理分布图 (红色方框区域)

Fig3 Geographic distribution (indicated by the red squares) of *E. itajara*

1. 2 石斑鱼类的传统分类

石斑鱼类传统分类主要依据：体型、鳍条数目、鳍的构造和形状、头部和躯干的形状与相对比例、体表花纹、鳞片以及鳃耙等形体特征。石斑鱼一些种类体表图案或形态特征十分显著容易鉴定。而对于大多数种类由于生存环境及生态习性相近，长期的演化使其在骨骼及幼体特征上呈现较高的趋同性。同时其体色、斑纹在不同的生活环境及不同的应激状态下都会有一定变化。某些种类如镶点石斑鱼、白线光腭鲈 (*Anyperodon leucogrammicus*)、宽额鲈等其幼鱼与成鱼之间也有显著差别 (Heemstra PC, 1993)。此外，石斑鱼类还存在着自然生境的改变 (从野生到人工养殖) 及可能存在种内变异 (主要指斑纹)、种间杂交 (Bostrom MA, 2002) 等现象，这些，都对石斑鱼的系统分类造成极大的困扰。因此，石斑鱼的分类一直是鱼类系统分类学中的一个难题。

1. 2. 1 石斑鱼亚科的分类

石斑鱼亚科 (Epinephelinae) 隶属鲈形目 (Perciformes)，鲈科 (Serranidae)。Heemstra 等将石斑鱼类定为一个独立的亚科——石斑鱼亚科，由 15 个属 (图 4) 159 种组成 (Heemstra PC, 1993)。而 Nelson 则根据 Baldwin、Johnson、Kendall 等对石斑鱼幼体及成体特征的研究结果，在其最新版的“FISH OF THE WORLD”中将原为亚科的东洋鲈族 (Nipponini)，黄鲈族 (Diploprionini)、长鲈族 (Liopropomini) 及黑鲈族 (Grammistini) 归入石斑鱼亚科，与石斑鱼族 (Epinephelini) 共同组成石斑鱼亚科中的 5 个族 (tribe) (Nelson JS, 2006)。

目前石斑鱼类 15 个属的划分是在 Heemstra 等对鸢鲈属 (*Triso*)、鼻鲈属 (*Mycteroperca*) 和鳞鲈属 (*Dermatolepis*) 重新定义的基础上确定的。Heemstra 依据臀鳍鳍条数、尾鳍形状及背鳍位置，将三棱鲈属 (*Trisotropis*) 的 *T. aguaji*、*T. chlorostomus*、*T. microlepis*、*T. reticulatus*、归入鼻鲈属，命名为 *M. bonaci*、*M. interstitialis*、*M. microlepis*、*M. tigris*；而 *T. dermatopterus* 因其体被栉鳞，体长约为头长的 3.0~3.4 倍的独有特征独立为鸢鲈属，现名为 *Triso dermatopterus*。Heemstra 又依据体形及鳍条数特征将 *E. dermatolepis*、*Serranus inermis*、*S. striolatus* 列为一个新属：鳞鲈属 (*Dermatolepis*)，重新命名为 *D. dermatolepis*、*D. inermis*、*D. striolatus* (Heemstra PC, 1993)。

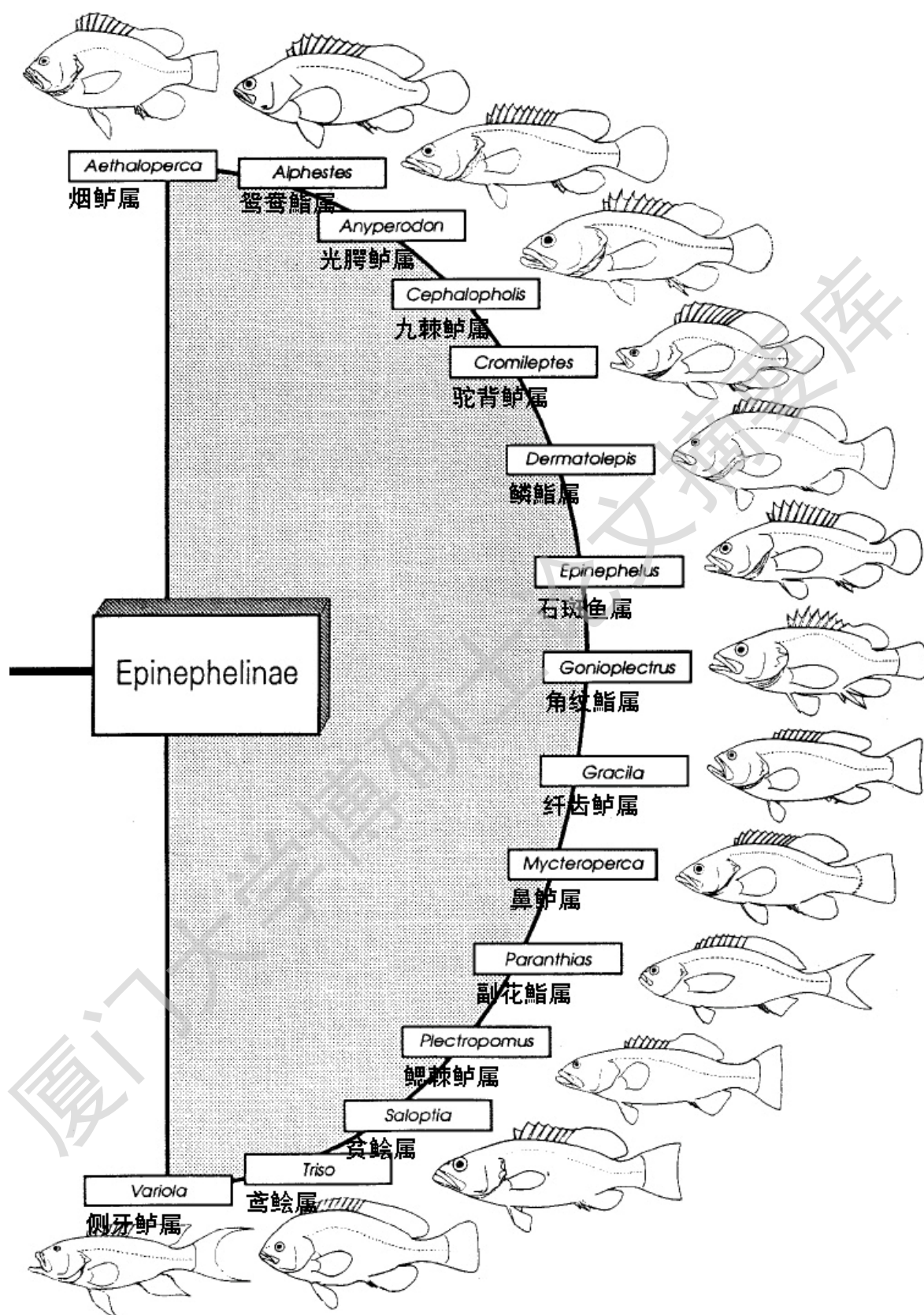


图 4 石斑鱼分类

Fig4 Classification of the Family Epinephelinae

1. 2. 2 石斑鱼类分类上的争议与混淆

石斑鱼类不仅在亚科间的分类存在争议, 属种之间的分类更是争议不断。对于宽额鲈在石斑鱼类中的分类地位, 国内外存在明显分歧。成庆泰等所著《中国鱼类系统检索》中记录了中国海域的石斑鱼类共 10 个属 54 种(鸳鸯鲈属、鳞鲈属、纹鲈属、鼻鲈属、副花鲈属、贫鲈属在中国近海没有分布), 将宽额鲈独立列为 1 属(成庆泰, 1987)。我国学者孟庆闻等依据宽额鲈侧线管有分枝以及宽大的眼间隔特征也将宽额鲈独立列为 1 属(孟庆闻, 1995)。Smith 则根据骨骼发育特征将宽额鲈属(包括 *P. itajara* 和 *P. lanceolatus*) 作为 1 个亚属归入石斑鱼属(Smith CL, 1971)。Heemstra 等以点带石斑鱼和斜带石斑鱼的大型成鱼前侧线管都具分枝为据, 进一步确认宽额鲈属与石斑鱼属鱼类具有极近的亲缘关系, 并将该属的这 2 个种正式命名为 *E. itajara* 和 *E. lanceolatus* (Heemstra PC, 1993)。

九棘鲈属的分类地位学术界也曾有过争议。Smith 曾将九棘鲈属作为 1 个亚属归入石斑鱼属(Smith CL, 1981)。Leis 的研究表明, 根据幼体发育不同时期腹鳍黑色素细胞的数目及位置的变动可以明确区分九棘鲈属和石斑鱼属(Leis JM, 1986)。Heemstra 等应用放射自显影技术观察到九棘鲈属 21 个种类均有 3~6 条背鳍支鳍骨由 3 节组成, 而石斑鱼属 48 个种类的所有背鳍支鳍骨均只由 2 节组成(Heemstra PC, 1993)。Baldwin 等提出 3 节支鳍骨可能是鲈科鱼类的一个祖征, 而在进化过程中某些类群的支鳍骨愈合为 2 节(Baldwin CC, 1993)。

在石斑鱼属内也存在许多分类上的争议和混淆。如云纹石斑鱼(*E. moara*)与褐石斑鱼(*E. bruneus*), Heemstra 等所著的《Groupers of the world》认为它们是同一物种的同种异名(Heemstra PC, 1993), 我国学者成庆泰等所著《中国鱼类系统检索》中则根据侧线有孔鳞的数目及前鳃盖骨隅角形态差异, 认为褐石斑鱼和云纹石斑鱼是 2 个物种(成庆泰, 1987)。本实验室通过比较这 2 种石斑鱼的骨骼系统, 根据它们鳃盖骨和幽门盲囊的数量与形态上存在的明显差异, 认为褐石斑鱼和云纹石斑鱼是 2 种鱼类(未发表资料)。点带石斑鱼与斜带石斑鱼在分类上也一直存在混淆。由于它们外形相似且分布范围也基本一致, Morgans(1966,1982), Kyushin et al.(1977,1982), Sainsbury et al. (1985)都曾将斜

带石斑鱼误定为点带石斑鱼 (Heemstra PC, 1993), 《中国鱼类系统检索》也仅有点带石斑鱼的记载。Heemstra 等根据幽门盲囊数的明显差异已明确将点带石斑鱼与斜带石斑鱼定为 2 个种。但直至目前, 2 种石斑鱼的鉴定在养殖业中仍未被重视, 中国大陆和台湾地区常将两者混养, 并通称为“青斑”。此外, 双棘石斑鱼 (*E. diacanthus*) 也容易与个别种类混淆, Burgess et al (1988), Shen (1984) 都曾将拟青石斑 (*E. fasciatomaculos*) 误定为双棘石斑鱼; 而 Katayama (1988), Chan (1968), Fourmanoir (1965) 也曾将南海石斑鱼 (*E. stictus*) 错认为双棘石斑鱼 (Heemstra PC, 1993)。

《Groupers of the world》给出了斜带石斑鱼、点带石斑鱼与巨石斑鱼的比较 (表 1), 本实验室也从多方面比较了云纹石斑鱼和褐石斑鱼。

表 1 斜带石斑鱼、点带石斑鱼与巨石斑鱼形态特征的区分表
Table1 Comparison of *E. coioides*, *E. malabaricus*, and *E. tauvina*

项目	<i>E. coioides</i>	<i>E. malabaricus</i>	<i>E. tauvina</i>
体表斑点	橙色, 红棕色无白斑	深棕色有不规则白斑	暗橙红色, 有小白斑
体侧鳞片	栉鳞	栉鳞	平滑的
头长	2.3—2.6 倍标准长	2.3—2.6 倍标准长	2.1—2.3 倍标准长
体长	5.0—6.2 倍头长	4.5—6.5 倍头长	6.8—8.1 倍头长
上颌比例	标准长的 17—20%	标准长的 17—22%	标准长的 21—24%
下颌比例	标准长的 4.5—5.5%	标准长的 3.9—5.3%	标准长的 5.4—6.5%
吻部宽度	1.8—1.9	1.7—2.0	2.0—2.4
眼间隔宽度	2.1—3.2	2.1—3.0	3.1—4.0
鳃耙数	14—17	14—18	17—20
侧线鳞数	58—65	54—64	63—74
幽门盲囊	50—60	多于 80	16—18
第一鳃弓旁多骨小板	有	有	无
前盖孔形状	有角的	有角的	圆的

1. 3 中国近海石斑鱼类概况

依据《Groupers of the world》各种石斑鱼详细地理分布图整理, 中国近海 (主要指台湾海峡和大陆沿岸) 石斑鱼类约有 10 属 58 种, 其中烟鲈属 1 种, 光腭鲈

属 1 种，九棘鲈属 11 种（全世界 23 种），驼背鲈属 1 种，石斑鱼属 37 种（全世界有 99 种），纤齿鲈属 1 种，鳃棘鲈属 2 种，泽鲷属 1 种，鸢鲈属 1 种，鳃棘鲈属 2 种；缺少鸳鸯鲷属、鳞鲷属、角纹鲷属、鼻鲈属/喙鲈属、副花鲷属。

依据《中国鱼类系统检索》检索表整理，我国常见的石斑鱼各属主要特征如下：驼背鲈属两颌无犬齿；后鼻孔呈裂缝状；头小，后头部突然隆起形成驼背。与之相反，鳃棘鲈属两颌具犬齿；后鼻孔不呈裂缝状。侧牙鲈属的尾鳍呈新月状，上下鳍条呈丝状延长。九棘鲈属的尾鳍呈圆形，体中等高，其最高点小于或等于头长。石斑鱼属侧线管无分枝；背鳍鳍棘与最长鳍条几乎相等。而宽额鲈属侧线管有分枝，背鳍鳍棘短于最长鳍条，由鳍棘向后逐次增长。

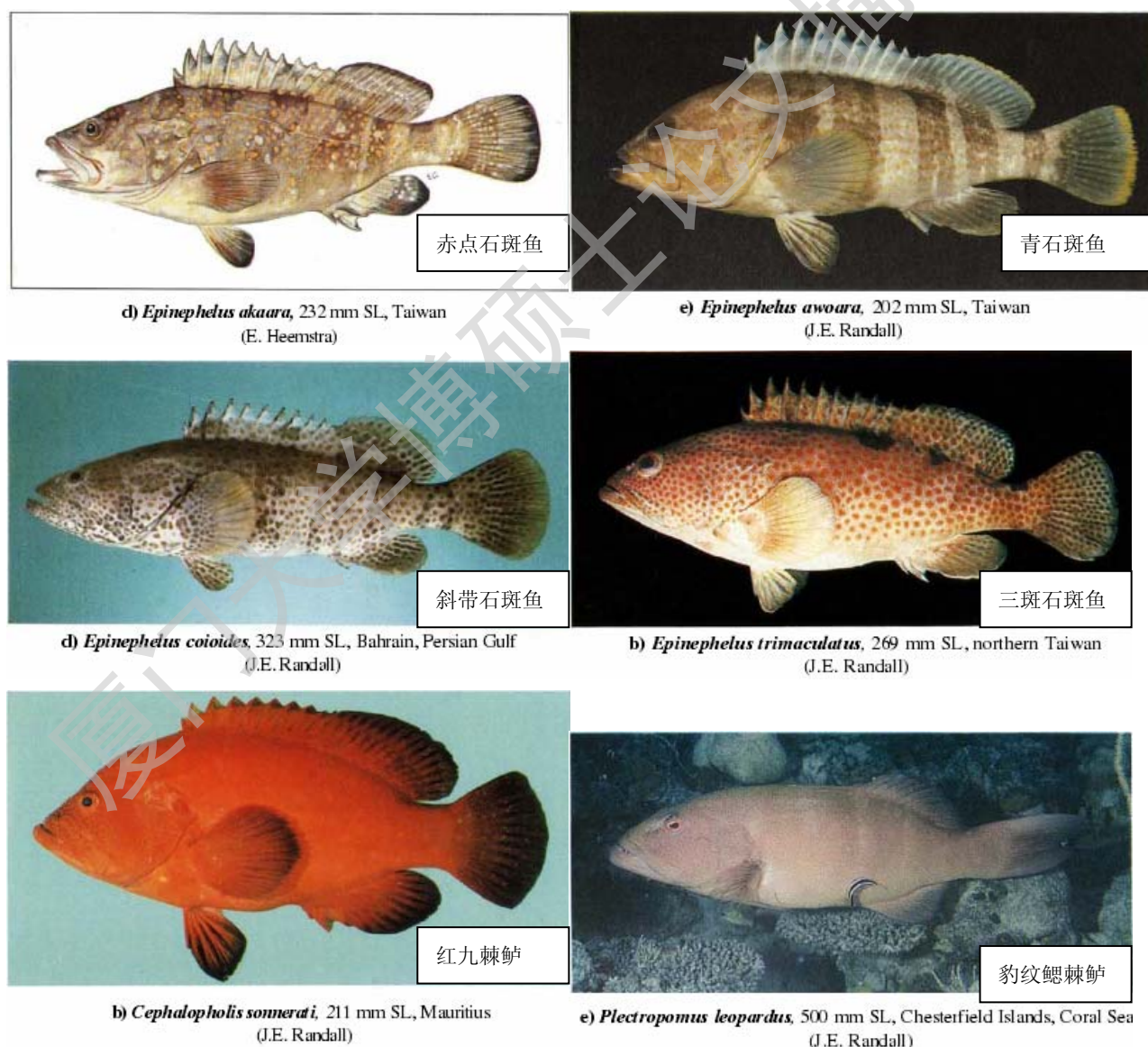


图 5 我国常见石斑鱼

Fig5 Six Common Species of Groupers in China

2. 分子系统学

2. 1 分子系统学原理

分子系统学(molecular systematics or molecular phylogeny)是通过检测生物大分子包含的遗传信息,定量描述、分析这些信息在分类系统发育和进化上的意义,从而在分子水平上解释生物的多样性、系统发育及进化规律的一门学科。它以分子生物学、系统学、遗传学、分类学和进化论为理论基础,以分子生物学、生物化学和仪器分析技术的最新发展为研究手段,是一门交叉性很强的学科(徐宏发, 2001)。它主要包括两大领域,即种群遗传学(population genetics)和系统发生学(phylogenetics),前者主要研究种内分化,后者主要研究物种多样性及种间系统发生。分子系统学使得系统发育和进化的研究进入到分子水平上,对演化机制的本质进行探讨的阶段。

2. 1. 1 进化机制与分子钟

进化的第一原因是基因突变。由核苷酸替代、插入或缺失、重组和基因转换等引发的突变基因或 DNA 序列,通过群体水平的遗传漂变和/或自然选择进行扩散,并最终在物种中固定(根井正利, 2002)。倘若此突变基因产生新的形态或功能性状(除非基因再次突变),此性状将会传递给其所有后裔。

分子钟(molecular clock)假说认为,氨基酸或核苷酸替代速率在进化过程中是近似的保持恒定的,尽管替代速率的观察值受随机误差的影响。严格的说,对长期进化而言,既无基因亦无基因产物蛋白质以恒定速率变化,因为一个基因的功能可能发生改变,特别是在从简单有机体向复杂有机体的进化过程中,或者环境条件发生变化使基因组的基因数目增加时更是如此(根井正利, 2002)。此外基因的损伤及其修复机制也因有机体类型而异(Britten RJ, 1986)。分子钟的用途很明显,就是用于估计有机体主要类群的分歧时间。

因此当对某一类群构建了一棵有效的系统树,我们就可以找到具有此突变性状的谱系。将具有该特定性状的谱系所处的环境条件与无此性状的谱系所处的环境条件进行比较,就可能会弄清该性状是由自然选择还是随机演化所决定的。

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库